

DOI <https://doi.org/10.15407/csc.2022.01.003>
УДК 004.08

В.И. ГРИЦЕНКО, чл.-кор. НАН України, почесний директор, Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН та МОН України, 03187, м. Київ, просп. Академіка Глушкова, 40, Україна, vig@irtc.org.ua

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ. ДО 25-РІЧЧЯ МІЖНАРОДНОГО НАУКОВО-НАВЧАЛЬНОГО ЦЕНТРУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ

Міжнародному науково-навчальному центру інформаційних технологій та систем – 25 років. За цей період сформувався основний напрям розвитку Міжнародного центру – інтелектуальні інформаційні технології. Здійснено багато серйозних розробок світового рівня в галузі інтелектуальних інформаційних технологій, образного мислення, розпізнавання образів, біологічної та медичної кібернетики, в соціально-економічній сфері та сфері електронного навчання. Всі подальші програми та плани досліджень і розробок Міжнародного центру орієнтовані на вирішення двох науково-технічних проблем світового рівня: інтелектуалізації та цифрової трансформації.

Ключові слова: інтелектуальні інформаційні технології, цифровізація, інформатизація, цифрова медицина, розпізнавання образів, образне мислення.

Вступ

Міжнародному науково-навчальному центру – 25 років. Його створено у складі Відділення інформатики за ініціативи Національної академії наук та Міністерства освіти і науки України у травні 1997 року. Створення Міжнародного Центру відбулося попри проблеми та труднощі, з якими стикалася Україна під час утвердження своєї незалежності. У країні важливо було прискорено розвивати та використовувати можливості інформатики й арсенал прогресивних засобів та технологій.

Базою створення Центру став науковий колектив, що склався в Кібернетичному Центрі НАН України, праці та досягнення якого широко відомі в Україні та за кордоном. До складу Міжнародного Центру увійшли науково-дослідні відділи, які у співпраці з ЮНЕСКО

активно розвивали в Україні дослідження та розробки, що становлять основу наукових напрямів нової науки інформатики.

Головний напрям діяльності Міжнародного Центру було визначено – *інформаційні технології* та їхнє застосування в різних галузях людської діяльності. Звичайно, першочергові розробки Центру були пов'язані з визначенням предмета досліджень – інформаційних технологій.

Інформаційні технології

Наш погляд ґрунтується на класичному визначенні технології, яке доповнено та посилено новими якостями кінцевого продукту. Інформаційні технології – це сукупність програмно-технічних засобів, які впливають на дані з ме-

тою отримання кінцевого продукту, що має властивості та можливості породження нових знань та вивчення на їхній основі складних явищ і процесів [1, 2]. Місткість визначення та його обмеження вимагали розвитку нових підходів у формуванні загальної теорії інформаційних технологій. Це було успішно подолано і, як наслідок, створено перспективні інформаційні технології, які конкурують із розробками США, Японії та інших країн у різних галузях промисловості, металургії, екології, транспорті та проектуванні.

Оригінальність підходів до розвитку теорії розпізнавання, ефективність розроблених методів та досягнуті результати в комп'ютерному стереобаченні уможливили розробку для провідних фірм Європи (Німеччина, Франція) нових інформаційних технологій відновлення тривимірної конфігурації об'єктів, текстурної сегментації зображень у режимах навчання та самонавчання для побудови й аналізу міських кварталів великих міст. Розроблено та використано в мережі Інтернет перші вітчизняні дистанційні комп'ютерні технології навчання, які широко використовуються за межами України для подолання проблем комп'ютерної грамотності. Здобули популярність роботи в галузі біологічної та медичної кібернетики та в моделюванні соціально-економічних систем. Центру належить лідерство у виданні перших монографій у галузі інформаційних технологій. Ми брали участь у розробках та координації Національної програми інформатизації та у створенні загальноновизнаної методології розробки інформаційних технологій.

Логічним і безумовним досягненням Міжнародного Центру є розробка та реалізація Концепції нового класу інформаційних технологій – *інтелектуальних інформаційних технологій*. Ці технології є основою інтелектуалізації всіх сфер діяльності та центральною проблемою штучного інтелекту. Головним у нашому трактуванні інтелектуальних інформаційних технологій є використання у процесах обробки інформації елементів мислення, які ми спостерігаємо в людини. Це досягається глибокою взаємодією програмованих обчислень та меха-

нізмів, оперування образами інформаційних об'єктів. Сучасні інтелектуальні інформаційні технології демонструють елементи мислення, сприймають та аналізують мовну інформацію у багатомовному середовищі. Величезного прогресу досягнуто в розпізнаванні реальних та штучних об'єктів, в активній взаємодії із зовнішнім середовищем, оперуванні знаннями та відбором знань з урахуванням поставлених цілей.

Орієнтація Концепції на розробку різноманіття технологій штучного інтелекту, насичення ними ринку користувачів є виправданим у подоланні складних проблем штучного інтелекту. Центр успішно розвиває один із напрямів розробок, який базується на розвитку нової платформи розпізнавання та механізмів оперування образами інформаційних об'єктів. Вирішення реальних, а не модельних завдань, спричинило істотну зміну пріоритетів створення нового напрямку в розпізнаванні, названого *структурним розпізнаванням* [3, 4]. Ми зробили загальноновизнаний внесок в ідейний зміст цього нового напрямку та у формування науки про розпізнавання як складової частини машинного мислення. Нами доведено, що процеси розпізнавання можна інтерпретувати як певний тип розумових процесів та властивостей, що відрізняють їх від обчислень. Цей тип розумових процесів, як одну з граней розумової діяльності, названо *образним мисленням* [5].

Ключова ідея образного мислення полягає в об'єднанні результатів наук про розпізнавання образів та несуперечність обмежень у рамках єдиної формальної схеми [6]. Спільне для цих наук – аналіз об'єктів, які характеризуються кінцевою множиною параметрів та дають змогу приймати розумне рішення про приховані параметри, що безпосередньо не спостерігаються. Образне мислення як підхід у дослідженнях проблем штучного інтелекту багато в чому визначило програму діяльності Центру.

У Міжнародному Центрі здійснюється становлення та розвиток загальної теорії інтелектуальних інформаційних технологій та використання їх у розпізнаванні образів, комплексних дослідженнях текстової та мовленнєвої інформації, включно з процесами смислової

обробки, оцінки, розуміння, реформування, достовірності та швидкого пошуку. Моделі образного мислення розвиваються в цілеспрямованих системах та високодинамічних об'єктах управління. Досліджуються пріоритетні галузі інтелектуалізації цифрової економіки, технології інтелектуального аналізу даних, вибору та прийняття рішень, моделі взаємодії *цифровізації та інформатизації* суспільства. Розробляються концептуальні моделі цифрової медицини, класи нових інформаційних технологій, що відповідають вимогам, умовам та перспективам розвитку медицини. Досліджуються основні напрями інтелектуалізації у Цільових програмах діяльності ЮНЕСКО.

Високий рівень збалансованості фундаментальної та прикладної тематики, її актуальність та перспективність зумовили підвищену потребу розробок Міжнародного Центру в планах та програмах соціально-економічного та науково-технічного розвитку України. Наші досягнення за зоровими та мовними інформаційними технологіями продемонстрували високий науково-технічний рівень, який дав цим технологіям змогу бачити та розуміти побачене, чути та розуміти почуте (й у режимі діалогу, й в умовах багатомовних середовищ), продемонструвати низку інших функцій взаємодії із зовнішнім середовищем [7]. За своїми функціональними можливостями, сукупністю техніко-економічних показників вони перебувають не лише на рівні найкращих зарубіжних аналогів, а для деяких з них аналогів немає.

Міжнародному центру належить світовий пріоритет у розробках інтелектуальних інформаційних технологій – *розпізнавання облич*. За точністю розпізнавання, надійністю, швидкістю та іншими показниками, наша технологія перевершувала зарубіжні розробки й була закуплена американською корпорацією *Google*.

Особливу значущість та перспективу використання мають інтелектуальні інформаційні технології розпізнавання динамічних відеопотоків. Важливу роль тут відіграли розроблені високоефективні методи стабілізації візуальних зображень, що динамічно змінюються, та простеження об'єктів при складній і різкій змі-

ні швидкостей, напрямків руху та інших важливих параметрів. Здійснені експерименти підтвердили високі показники швидкодії та ефективність розробки.

Особливої ваги набувають фундаментальні результати в обробці сигналів складної форми. Розроблено стохастичні моделі породження циклічних сигналів в умовах внутрішніх та зовнішніх збурень, які узагальнюють відомі моделі квазіперіодичних функцій та забезпечують генерацію штучних сигналів заданої форми. Розроблено ефективний метод оцінювання корисного сигналу за сукупністю реалізації збурень у фазовому просторі з використанням гаусдорфової метрики.

Також розроблено фундаментальні моделі образного мислення у створенні методів та засобів інтелектуальних інформаційних технологій для обробки текстової інформації різноманітних природних мов.

Розвинуто теорію рекурсивного семантичного аналізу природної мови для створення практичних систем комп'ютерного розуміння та обробки природномовних текстів [8]. Такі системи дають змогу аналізувати Інтернет-простір з метою кібербезпеки. Створено інтелектуальні технології аналізу та синтезу структур природних мов, вільних діалогів із комп'ютерами різних класів, високоякісного автоматичного перекладу, синтезу та розуміння текстів, автоматичного реферування та індексування. Створено технологію кореферентного аналізу та виділення сутності у природномовних текстах підвищеної якості (покращення на 18,5% порівняно із зарубіжними аналогами).

Важливе місце у подоланні проблем штучного інтелекту мають *нейромережеві технології*. Часто проблему нейромережевих технологій пов'язують із підходом М.М. Амосова до створення штучного інтелекту на основі моделювання принципів мислення та особливостей нейромережевої організації мозку [9]. Подальші дослідження базувалися на розробці оригінальної парадигми нейромережі, що враховує переваги нейронних ансамблів і розподіленого подання різнорідних даних. Було створено ефективні нейромережеві класифікатори

та системи пошуку за подібністю [10]. Розроблено оригінальну архітектуру модульної нейронної мережі з ансамблевою організацією – нейронну мережу з конкурентними шарами. Розроблено методи розв’язання зворотних завдань, що вирізняються стійкістю, точністю та обчислювальною ефективністю.

В активі розробників Центру є також спільний проєкт із Японією – зразки високопродуктивних нейрокомп’ютерів; високоточна система розпізнавання диктора за голосом за умов шумів; технологія високоточного прогнозу чутливості ракової пухлини до хіміотерапії. У сфері безпеки – система стеження за повітряними цілями в реальному часі, системи спектроскопії при фіксованій та нефіксованій геометрії вимірювань із підвищеною точністю тощо.

Нейромережеві технології – це клас інтелектуальних інформаційних технологій, що ґрунтуються на принципах навчання з генерованими або вхідними даними [11]. У процесі виконання цих робіт сформувався розуміння, що однією з головних проблем штучного інтелекту є подання в єдиному форматі різноманітних даних. Наш підхід базується на асоціативному пошуку за подібністю – аналогічно тому, як працює людська пам’ять. Реалізація такого підходу, безперечно, відкриє нові спрощені шляхи створення загального штучного інтелекту.

Інтелектуальне управління

Загальні проблеми управління складними процесами завжди були і є найважливішими напрямками діяльності Міжнародного Центру. Звертаючись до історії, слід виокремити світові досягнення у створенні систем автоматичного управління, які були побудовані на основі зворотних математичних моделей, включених до контурів зворотних зв’язків таких систем. Логічним розвитком цих робіт стала розробка цілісної теорії адаптивних систем управління, створення на її основі низки важливих промислових систем – нафтопроводів, авіапромислових комплексів, ліній термічної обробки та інших складних виробництв промислових підприємств.

Під кутом зору сучасних проблем управління, інтелектуальне управління належить до першочергових фундаментальних проблем. При цьому особливого значення набувають методи, моделі та технології інтелектуального управління складними динамічними процесами та системами в умовах неповної інформації, високої динаміки зміни ситуації з послідовним переходом до моделей з частковою та повною відсутністю інформації [12]. Такий підхід до технологій спрямовано на вирішення вкрай важливих проблем створення бортових і наземних систем керування пілотованими об’єктами та безпілотними засобами, сучасної робототехніки, космічного апаратування тощо.

Серед досягнутих результатів зазначу теоретичні наукові засади, методи та методологію побудови інтелектуалізованих систем високоточного автономного управління складними динамічними об’єктами з урахуванням фізичних, нормативних та ситуаційних обмежень.

Розроблено *комплексну* інтелектуальну інформаційну технологію управління безпілотними авіаційними засобами без обмеження даних від супутникових систем та за їхньої відсутності [13]. У реальних умовах технологія автоматично забезпечує вибір планових маршрутів, траєкторій польоту, стабілізацію основних параметрів руху з розв’язанням завдань локалізації, картографії, акустичної пеленгації та достовірної ідентифікації, а також високоточними значеннями координат класів наземних об’єктів. Під час виконання цих робіт у нас склалася гарна кооперація з організаціями у промисловості, міністерствами та відомствами. Це дало змогу прискорити якісне виконання робіт та їхнє впровадження. Здійснений комплекс робіт з інтелектуалізації *управління* безпілотними авіаційними засобами успішно та з високою оцінкою здано Державним комісіям. Вони рекомендовані та вже використовуються у ДП «Антонова», ДКУ «Укроборонпром», ВАТ «Меридіан» імені С.П. Корольова, у спеціалізованих науково-дослідних центрах, у Міжнародній асоціації розвитку інформаційного товариства Португалії (м. Порту) тощо.

Важливу роль у розвитку та досягненні проблем інтелектуального управління відведено дослідженням високоінтелектуалізованого *автономного мобільного робота*. Ці розробки мають свою історію розвитку та досягнення, проте, за відмінності ідей і підходів, загальним було прагнення використати методи штучного інтелекту. Наведу окремі приклади початку цих розробок у 90х рр. — це програмні засоби для побудови 3D моделей як самих багатоланкових маніпуляторів, так і їхнього робочого середовища; програмно-апаратний комплекс «Око — рука», що автоматизує управління ланками робота-маніпулятора в складальних операціях тощо.

Надалі розвиток у Центрі інтелектуальних інформаційних технологій, що формує образне сприйняття, машинне мислення на базі методів та моделей штучного інтелекту зумовило важливість та необхідність розробки розумних роботів, здатних автономно виконувати функціонально складні завдання та дії. Як підтверджують теоретичні дослідження, таких цілей можна досягнути виключно за використання інтелектуальної системи управління, здатної постійно оцінювати стан об'єктів управління у зовнішньому середовищі та активізувати певні дії для досягнення заданої мети.

У Центрі здійснено низку розробок для створення таких систем. Досягнуті результати забезпечують розумні автоматичні дії робота у розв'язанні складних слабоформалізованих завдань у складних динамічних умовах [14, 15]. Це відкриває широку перспективу створення затребуваних інтелектуальних автономних роботів у стратегічно важливих галузях: медицині, соціальній сфері, освіті, сільському господарстві тощо. Вкрай важливо в стислий термін здійснити заходи щодо його використання у галузевих науково-технічних програмах.

Ми надаємо великого значення розробці *системних інформаційних технологій*, які уможливають здійснення ефективної інтелектуальної підтримки оперативних рішень щодо управління соціально-економічними процесами. Основні наші досягнення пов'язані з результатами, які отримано в дослідженнях са-

мопрограмування цілеспрямованих дій, прогнозування непередбачуваних ситуацій, виявлення аномальних тенденцій у фінансово-економічній діяльності, методів та засобів інтелектуального індуктивного моделювання [16], моделей, що запобігають конфліктам у соціально-економічному та виробничо-технологічному середовищі [17]. Нами підготовлено концептуальні ідеї та підходи до формування основних етапів розвитку цифрової економіки [18]. Формалізовано моделі вибору ефективних варіантів розвитку соціально-економічних систем в умовах невизначеності. Розроблено математичні моделі та методи управління складними виробництвами підприємств із використанням інтелектуальних інформаційних технологій [19]. Вирішено на практиці важливі завдання в екології, економічній безпеці України, ефективності медичних препаратів тощо.

Питання вдосконалення управління належать до найважливіших у нашій діяльності. Зважаючи наші роботи та досягнення, вкрай важливо розробити пропозиції щодо Цільової програми прискореного впровадження методів та засобів штучного інтелекту у практику Державного та соціально-економічного будівництва України.

Цифрова медицина

У Міжнародному Центрі за довгі роки склався колектив учених і спеціалістів, зайнятих дослідженнями та розробкою складних біомедичних технологій та систем.

Центр свого часу *першим висунув* та успішно розвиває концепцію розвитку *цифрової медицини* для масового використання у персоналізованих діагностиці, профілактиці та лікуванні важких захворювань. Досягнуті Центром результати в цій галузі широко відомі та використовуються в країні та за кордоном. Наш досвід підтверджував необхідність прискореного використання принципів інтелектуалізації, цифровізації, інтелектуальних інформаційних технологій і для лікування всієї різноманітності захворювань, так і для функціонування меди-

цини як цілісної системи. З урахуванням нашого досвіду в Центрі досліджуються та розвиваються класи концептуальних ідей цифрової медицини України, основою якої є єдина комп'ютерно-телекомунікаційна платформа з розвиненою системою сервісного обслуговування медичних установ та домашніх інтелектуальних систем. При цьому базовими технологіями такого складного утворення, яким, безумовно, є цифрова медицина, виступають інтелектуальні інформаційні технології. Маючи властивості природного інтелекту, ці технології відкривають нові можливості у подоланні проблем збереження здоров'я: профілактики, діагностики та лікування.

Вище зазначено що наші фундаментальні досягнення у галузі оброблення сигналів складної форми. Грунтуючись на них, було розроблено інноваційний метод у кардіології, який дає змогу діагностувати приховані хвороби, що ще не отримали розвитку [20, 21]. Методом фазографії це досягається за допомогою інтелектуального оброблення електрокардіограми на фазовій площині – метод реалізовано на портативному електронному комплексі Фазаграф®, який отримав безстрокове свідоцтво Державної реєстрації та рекомендацію МОЗ України для скринінгу ішемічної хвороби серця. Комплекс широко використовується в Україні та за її межами.

Нові діагностичні ознаки ЕКГ у фазовому просторі, які були відсутні у традиційній діагностиці, підтвердили свою ефективність у дитячій кардіології та спортивній медицині [22]. Сфери використання методу фазографії постійно розширюються. Його ефективність підтверджується у дослідженні шкідливого впливу на людину сонячної активності, куріння, шляхом пошуку об'єктивних хроно-предикторів, що несуть інформацію про рівень загрози для пацієнта, в оцінках медикаментозного та оперативного лікування кардіологічних хворих.

Інтелектуальні можливості фазографії безперервно розвиваються шляхом розроблення та використання функціонально нових додаткових модулів. Практика використання комплексу «Фазаграф» надала можливість практич-

но реалізувати основний принцип персоналізованої діагностики – лікувати хворого, а не хворобу. Взаємодія з «Фазаграфом» не потребує спеціальної медичної освіти. Його реалізація на сучасних портативних приладах істотно наближає інтелектуальні засоби цифрової медицини безпосередньо до пацієнта, забезпечує розвиток і використання сучасних технологій телемедицини. Вкрай важливою перспективою розвитку ідей фазографії є наші розробки, пов'язані з можливістю інтегрально оцінювати властивості кровоносних судин на основі аналізу швидкості пульсової хвилі [23].

Фундаментальних та практично важливих результатів досягнуто Міжнародним Центром у створенні інтелектуальної технології Тренар®, використання якої забезпечує відновлення рухових та мовленнєвих функцій людини, втрачених внаслідок інсульту та інших тяжких захворювань [24]. У світовій практиці вирішення проблеми відновлення рухових та мовленнєвих функцій викликає величезний інтерес.

Основна відмінність технології «Тренар» від аналогів полягає у реалізації біологічного зворотного зв'язку завдяки побудові електронного образу руху й заснована на реєстрації сигналів зі здорового органу (на прикладі здорової руки) з подальшим формуванням імпульсів, які здійснюють електростимуляцію пошкодженої кінцівки. Створені на базі технології «Тренар» електронні засоби отримали дозвільні документи на серійне виробництво. Технології широко впроваджено до клінічних та оздоровчих закладів України, де за даними, відомими Міжнародному Центру, отримали лікування понад 20 000 пацієнтів. Високі клінічні та науково-технічні показники технології «Тренар» відомі за кордоном. Наші дослідження орієнтовано на подальше підвищення ефективності діагностично-реабілітаційного процесу та розроблення інтелектуальних інформаційних технологій на мобільних платформах, що ґрунтуються на моделях та алгоритмах формування персоналізованого плану тренувань. Це забезпечує підтримку прийняття рішень лікарем для запобігання розвитку ускладнень і зменшення ризику набуття інвалідності.

Наразі здійснюються дослідження, спрямовані на розвиток технології лікування та реабілітації дитячого церебрального паралічу, захворювань периферичної нервової системи та інших нозологій. Ми надаємо великого значення створенню персоніфікованих Тренар-технологій, що уможливить їхнє масове використання в домашніх умовах та прискорить лікування складних неврологічних захворювань.

Нові терміни «Фазаграф» та «Тренар» уже активно увійшли в наше життя. Думаю, що така практика й надалі супроводжуватиме діяльність Міжнародного Центру. У загальній програмі досліджень інтелектуальних інформаційних технологій цифрової медицині ми надаємо особливе значення розробкам формальних та адекватних математичних моделей, що описують системи організму в нормі та патології.

В основу математичних моделей лікування цукрового діабету покладено результати досліджень системи вуглеводного обміну з використанням методів автоматичного керування для розв'язання завдань діагностики, прогнозування та оптимізації інсулінотерапії [25]. На базі досягнутих результатів створено спеціалізований пристрій «Діабет плюс», випробуваний в Інституті ендокринології та обміну речовин ім. В.П.Комісаренка [26]. За результатами випробувань технологію рекомендовано для ранньої діагностики та корекції енергобалансу для хворих на цукровий діабет і її можна використовувати індивідуально в домашніх умовах. Цифрова діабетологія у перспективі, за належної підтримки, відіграє важливу роль у лікувальній та оздоровчій медицині України.

Розроблено комплекс мультимедіальних моделей терморегуляції та теплообміну для оцінювання ступеня адаптації людини до інтенсивної фізичної активності за високої температури повітря, прогнозування часу до настання перегріву, зневоднення чи переохолодження організму в екстремальних умовах середовища, прогнозування шкідливого впливу електромагнітного випромінювання у радіочастотному діапазоні [27]. Виконано розробки мобільних технологій, орієнтовані на загальне та спеціальне застосування [28].

Запропоновано клас математичних моделей, орієнтованих на особливо важкі нейродегенеративні захворювання, такі як хвороба Альцгеймера, Паркінсона, онкологія тощо. Основу цих моделей становить концепція «кисневого режиму клітини» як найважливішої складової життєзабезпечення людини. На базі розроблених моделей вивчено кисневий резерв клітини та процеси регулювання кисню в нормі та патології. Запропоновано технологічні засади реалізації динамічних процесів життєзабезпечення на клітинному рівні.

Вченими Міжнародного Центру одними з перших реалізовано фундаментальну ідею кількісного оцінювання стану здоров'я на базі індексу персонального здоров'я, що враховує не лише фізичний, а й психосоціальний статус людини. Створено технологію експресдіагностики з високими показниками ефективності оздоровчої реабілітації, яка використовує не інвазійні та не медикаментозні методи лікування.

Розвиваючи роботи з удосконалення технологій медичного обслуговування, розроблено модель інтелектуалізованої телемедичної системи без обмежень інформаційної взаємодії лікаря – пацієнта у процесах профілактики, діагностики, лікування та реабілітації. Розвинуто наукові засади теорії інтелектуальних інформаційних середовищ цифрової медицини. Створено механізми взаємодії медичних інформаційних систем різного рівня та призначення у режимах клінічного лікування та медичної допомоги [29]. Розробки впроваджено до низки клінік медичних організацій Києва, Одеси, Вінниці, Хмельницького та інших міст України.

Створено інтелектуальні інформаційні технології, системи та засоби, що дають змогу за різномірною сукупністю показників визначати екологічний стан досліджуваних об'єктів та ризик його впливу на здоров'я людини. Серед створених є аналітична система «Аналізатор ІХП» для об'єктів зовнішнього середовища, яка вимірює чотирнадцять токсичних елементів шести хімічних речовин [30]. Інформаційна технологія «Атмосферні гази» дає можли-

вість дистанційно зондувати викиди газів промислових підприємств у земних умовах з борту літака або космічного апарата (до 38 газів атмосфери). При цьому особливе значення надається газам, які сприяють появі парникового ефекту, що негативно впливає на клімат Землі та здоров'я людей. Високі наукові технології перспективних систем зв'язку відкривають нові можливості розвитку інтелектуалізованих платформ завдань екологічного моніторингу.

Комп'ютерні технології навчання. Цифровізація освіти

Роботи в цій галузі здійснюються у тісній співпраці з ЮНЕСКО та його секторами. У Центрі функціонує кафедра ЮНЕСКО, що спеціалізується на вирішенні завдань безперервного навчання, створення та впровадження технологій електронного навчання [31].

Комп'ютерне навчання належить до найскладніших проблем, пов'язаних з використанням перспективних засобів переробки інформації. Фундаментальна постановка проблеми формується самим змістом комп'ютерної технології навчання. У нашому випадку це сукупність взаємодіючих методів і засобів уявлення та освоєння знань для навчання в комп'ютерних середовищах [32].

В Україні перші ідеї комп'ютерних технологій навчання набули розвитку наприкінці шістдесятих років минулого століття. На ранньому етапі в цій проблематиці переважали спрощені моделі комп'ютерного навчання, де здебільшого вирішувалися та розвивалися завдання людино-машинної взаємодії. Створені при цьому курси та автоматизовані системи навчання отримали практичне використання в різних системах освіти.

Надалі формується та розвивається ідея комп'ютерних технологій навчання. У світовій та вітчизняній практиці на цьому етапі створено різні класи таких технологій, вивчено особливості їхнього застосування [33]. Прогрес розвитку цього напрямку досліджень є очевидним. Водночас проблема пошуку та дослідження наукомістких і високотехнологічних форм

комп'ютерного навчання залишалася затребуваною. Наша тематика в цій галузі є перспективною, її досягнення широко відомі. Міжнародним Центром уперше за участю 20 країн світу видано двотомний енциклопедичний довідник «Комп'ютерні технології навчання» [34]. Ми є розробниками першої системи навчання через мережу Інтернет. За підсумками цієї розробки реалізовано проєкт навчання Інтернет-технологіям у всіх країнах пострадянського простору.

У рамках Крупних програм ЮНЕСКО, Міжнародним Центром розроблено Концепцію створення комп'ютерно-телекомунікаційної дидактичної лабораторії, яка узагальнила український та закордонний досвід використання нових інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі, в програмах модульної дистанційної підготовки викладачів. Отримано нові результати в теорії освітніх просторів, що базуються на принципах модульного, багатофункціонального, прагматичного уявлення, поетапної деталізації та активізації навчальних знань.

Спільно з кафедрою ЮНЕСКО розроблено підходи щодо перспектив використання штучного інтелекту в системах освіти та технологіях безперервного навчання на базі нових принципів подачі знань і механізмів їхнього використання.

Міжнародному Центру належить пріоритет у розробках та впровадженні перших дистанційних технологій навчання, у розвитку комплексних досліджень взаємодії та взаємоузгодження комп'ютерних і педагогічних технологій.

Міжнародний Центр понад 20 років тому ініціював створення Технічного комітету зі стандартизації інформаційних технологій (ТК-20). Тому велику увагу ми приділяємо прогнозам розвитку вітчизняних стандартів з урахуванням наукових здобутків Міжнародного Центру та розвитком системи міжнародних стандартів. Загальна кількість розроблених та діючих стандартів у базі ТК-20 – понад 400. Обсяг роботи ТК-20 динамічно якісно розвивається, знаходячи застосування і в інших областях.

Перспективи

Міжнародний Центр є одним з основних розробників Національної програми інформатизації. Програму затверджено Верховною Радою України. Низкою країн наші результати використовувалися як базові в проектах інформатизації.

Діяльність Центру як базової організації сектору інформації та цифровізації Національної комісії України у справах ЮНЕСКО, координатора Державної програми «Інформація для всіх», отримує високу оцінку в країні та за кордоном. У 2025 р. відбудеться захід надзвичайної важливості, де підбиватимуться підсумки виконання рішень Всесвітнього саміту з питань інформаційного суспільства за 20 років. Нам належить багато зробити для об'єктивної оцінки досвіду України у вирішенні проблем інформатизації та цифровізації, в організації та проведенні спеціалізованих науково-практичних семінарів та нарад.

Особливу роль у становленні та розвитку Міжнародного науково-навчального центру та його тематики відіграла Державна науково-технічна програма «Образний комп'ютер» (ОК). Сформувати програму, довести її важливість, надати їй статусу Державної, відстояти десятирічний термін її реалізації (2000–2010 рр.) на тлі загальної ситуації в країні — здавалося би, це непосильне завдання та величезний ризик. Її ідеї та зміст формувалися на базі нових робіт, нових підходів, які, по суті, були новими напрямками досліджень у кібернетиці та інформатиці. Виконання програми — це особливий період нашої діяльності. Загальну спрямованість програми треба було конкретизувати завершеними розробками з гарними перспективами їх використання. Проблем було багато. Програму ОК було успішно виконано та здано Державній комісії. В результаті було створено нові класи інформаційних технологій, які за своїми параметрами перевершували світові досягнення, а за низкою розробок аналогів взагалі не було. Великим досягненням виконаної програми стали нові наукові напрями, які є основою

перспективних світових наукових програм штучного інтелекту. Великі досягнення програми — формування та реалізація концепції, теорії та моделей образного мислення. Програма ОК, безумовно, прискорила розвиток у нашій країні інформаційних технологій як нового наукового напрямку, затвердила терміни «інтелектуалізація» та «інтелектуальні інформаційні технології» як перспективні напрями розвитку штучного інтелекту. У програмі ОК сформувалася та затвердилася перспектива побудови штучного інтелекту в медицині. Цей напрям отримав розвиток у національних та світових програмах штучного інтелекту. Персоніфіковані технології — це майбутнє технологій оздоровчої медицини.

Програми та плани досліджень і розробок є інноваційними та орієнтовані на вирішення двох науково-технічних проблем світового значення: інтелектуалізації та цифрової трансформації. Ці проблеми становлять основу короткострокової програми та концепції розвитку діяльності Міжнародного Центру.

Цифрова трансформація поєднує взаємопов'язані світові пріоритети інформаційних технологій, фундаментальні і прикладні дослідження та розробки, їхнє використання у науково-технічному та соціально-економічному розвитку. Як уже зазначалося, наші програмні орієнтування та результати пов'язані з перспективою розробки Концепції та моделей суспільства майбутнього, що потребує розвитку досліджень системних моделей, які враховують етапи його розвитку, вимог стійкості та інформаційної взаємодії.

Інтелектуалізація — цей напрям робіт вважається головним у вирішенні проблем штучного інтелекту. З його розвитком пов'язано створення індустрії інтелектуальних інформаційних технологій, що прискорить створення розумних технічних систем, наділених здоровим глуздом, які мають здібності до навчання та міркування, планування та комплексної обробки інформації тощо.

У розвитку цього напрямку дуже важливо прискорено розвивати фундаментальні дослі-

дження в галузі теорії образного мислення, загальної теорії інтелектуальних інформаційних технологій, прикладні дослідження з високорозвинених моделей образного мислення, послідовно наближаючись до розумових можливостей людини. Ми маємо багату практику роботи з різними напрямками діяльності людини: економіка, промисловість, медицина, транспорт та екологія. У цьому різноманітті проявляються різні особливості розумових процесів, які важливо узагальнювати та використовувати. Це наша перевага. Важливо створювати перспективні інтелектуальні інформаційні технології, що активно взаємодіють із зовнішнім середовищем та його об'єктами, і також із високими показниками надійності та якості. Потрібно прискорити створення кіберфізичних систем складних виробництв, розробки багатоцільових високоінтелектуалізованих комплексів.

В умовах інтелектуалізації та цифровізації актуалізуються проблеми розробки їхньої архітектури. Відбудуться зміни у структурах систем, платформах технологій та інших галузях, які важливо передбачати та враховувати у наших роботах. Необхідно розширити дослідження, пов'язані з проблемами даних, враховувати тенденції у розвитку сучасних систем програмування з ізоморфними архітектурами. Проблема надзвичайної важливості – створення інструментальних засобів інтелектуальних інформаційних технологій.

Говорячи про перспективи, важливо наголосити на проблемі розробки квантових комп'ютерів. Необхідно нарощувати знання та об'єктивно прогнозувати початок наших досліджень у цій галузі.

Зберегти пріоритети та розвивати перспективи – це завжди було і буде головним у роботі нашого Центру.

Навчальна діяльність. Важливою складовою роботи Міжнародного Центру є навчальна діяльність. Під егідою ЮНЕСКО реалізовано низку програм, пов'язаних із масовим навчан-

ням у галузі комп'ютеризації та інформаційних технологій. Контингент учнів: працівники Державних та приватних структур, викладачі шкіл, ВНЗ, діти від дошкільного віку до старшокласників.

Велике досягнення Міжнародного Центру – підготовка магістрів на базі спільної кафедри Центру та Київського політехнічного інституту. Навчання пройшли понад 150 осіб. Це професійно підготовлені фахівці, багато хто продовжив навчання в аспірантурі Міжнародного Центру, захистив кандидатські дисертації, поповнивши лави наукових співробітників Центру. Також наші випускники успішно працюють у Державних та приватних структурах.

Висновки

Організація Міжнародного науково-навчального центру відбувалася у складний період становлення незалежності України та реформування української науки. Зусилля колективу, перспективність науково-технічних ідей, професіоналізм науковців та фахівців, нестандартність рішень, високий рівень відповідальності дає змогу у стислий термін сформувати перспективні програми діяльності Міжнародного Центру та розпочати їхню реалізацію. Багато чого зроблено. Відомі наші наукові досягнення, серійний випуск технологій та інформаційних пристроїв, добрі показники видавничої, міжнародної діяльності, патентно-ліцензійної роботи, захисту інтелектуальної власності тощо.

У дні ювілею слід відзначити провідні наукові школи академіків НАН України, що працювали в Міжнародному Центрі: Амосова Миколи Михайловича, Бакаєва Олександра Олександровича, Івахненка Олексія Григоровича та Скуріхіна Володимира Ілліча за їхній внесок у розвиток інформатики та інформаційних технологій.

Велика подяка провідним ученим, всьому колективу Міжнародного Центру за результативність роботи та великий внесок у становлення, розвиток та досягнення Міжнародного Центру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гриценко В.И., Паньшин Б.Н. Исходная концепция и определение понятия информационной технологии. Вестн. Всесоюз. о-ва информатики и вычислительной техники. 1990. № 2. С. 67–77.
2. Биоэкология. Единое информационное пространство/ под ред. В.И.Гриценко. К.: Наук. думка. 2001. 319 с.
3. Шлезингер М.И., Главач В. Десять лекций по статистическому и структурному распознаванию. Киев: Наукова думка. 2004. 545 с.
4. Винцюк Т.К. Анализ, распознавание и интрпретация речевых сигналов. Киев: Наукова думка. 1987. 262 с.
5. Гриценко В.И., Шлезингер М.И. Взаимосвязь проблем распознавания образов, машинного мышления и обучения. Проблемы управления и информатики. 2020. №3. С. 108–136.
6. Rossi F., van Beek P. Walsh T. Handbook of Constraint programming. Foudations of Artificial Intelligence, Elsevier, 975 p.
7. Винцюк Т.К., Сажок М.М., Селюх Р.А., Федорин Д.Я., Юхименко О.А., Робейко В.В. Автоматичне розпізнавання, розуміння та синтез мовленнєвих сигналів в Україні. Управляючі системи і машини. 2018. № 6. С. 7–24.
8. Анисимов А.В., Марченко А.А., Кисенко В.К. Метод вычисления семантической близости-связности между словами естественного языка. Кибернетика и системный анализ. 2011. Т. 47, № 4. С. 18–27.
9. Амосов Н.М., Байдык Т.Н., Гольцев А.Д., Касаткин А.М., Касаткина Л.М., Рачковский Д.А. Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы. Киев: Наукова думка. 1991. 269 с.
10. Гольцев А.Д. Нейронные сети с ансамблевой организацией. Киев: Наукова думка. 2005. 200 с.
11. Гриценко В.И., Рачковский Д.А., Гольцев А.Д., Лукович В.В., Мисуню И.С., Ревунова Е.Г., Слипченко С.В., Соколов А.М. Нейросетевые распределенные представления для интеллектуальных информационных технологий и моделирования мышления. Кибернетика и вычислительная техника. 2013. Вып. 173. С. 7–24.
12. Павлов В. В., Павлова С. В. Интеллектуальное управление сложными нелинейными динамическими системами: аналитика интеллекта. Киев : Наукова думка, 2015. 216 с.
13. Гриценко В. И., Волков О. Е., Комар М. М., Богачук Ю. П. Интеллектуалізація сучасних систем автоматичного керування безпілотними літальними апаратами. Cybernetics and Computer Engineering. 2018. 191. С. 45–59.
14. Сухоручкина О.Н. Структуры функциональной организации интеллектуализированного управления мобильной системой. Управляющие системы и машины, 2007. № 3. С. 26–33, 63.
15. Сухоручкина О.Н., Прогонный Н.В. Интеллектуальное управление мобильным роботом при слежении за подвижным объектом. Проблемы управления и информатики, 2019, №6, С.112–123.
16. Степашко В. С. Концептуальные основы интеллектуального моделирования. Управляющие системы и машины. 2016. № 4. С. 3–15.
17. Тимашова Л. А. О проблемах создания и развития виртуальных систем. Управляющие системы и машины. 2017. № 2. С. 74–82.
18. Гриценко В.И., Бажан Л.И. Цифровая трансформация экономики. Управляющие системы и машины. 2017. № 6. С. 3–16.
19. Мейтус В. Ю. Проблемы построения интеллектуальных систем. Интеллектуальное моделирование. Кибернетика та системний аналіз. 2021 . 4. С. 3–17.
20. Файнзильберг Л.С. Основы фазаграфии. Киев: Освита України, 2017. 264 с.
21. Гриценко В.И., Файнзильберг Л.С. Интеллектуальные информационные технологии в цифровой медицине на примере фазаграфии. Киев: Наукова Думка, 2019.
22. Orikhovska K.V., Fainzilberg L.S. Comparative Analysis of Estimation Methods of The Physiological Signals Variability. Кибернетика и вычислительная техника. 2017. № 3 (89). С. 5–28.
23. Файнзильберг Л.С. Спосіб оцінювання динамічного ряду кардіоінтервалів за пульсовою хвилею. Патент України на корисну модель № 141353. Бюл. № 7, 2020 р.
24. Вовк М.І., Куцяк О.А., Лаута А.Д., Овчаренко М.А. Інформаційний супровід досліджень динаміки відновлення рухів після інсульту. Кибернетика и вычислительная техника. 2017. №3 (189). С. 61–78.
25. Кифоренко С.И., Котова А.Б., Лавренюк Н.В., Иваськива Е.Ю. Диагностика сахарного диабета. Прогрессивные информационные технологии. Управляющие системы и машины. 2015. №4. С. 67–71.
26. Кифоренко С.И., Гонтарь Т.М., Иваськива Е.Ю., Обелец Т.А. Информационная система поддержки принятия решений для контроля и коррекции физического здоровья. Кибернетика и вычислительная техника. 2018. Вып. 193. С. 73–94.
27. Liabakh K.G. “Oxidative power and intracellular distribution of mitochondria regulate cell oxygen regime under circulatory hypoxia”. International Journal of Physiology and Pathophysiology. 2018, vol. 9, № 1, pp. 99–108. <https://doi.org/10.1615/IntJPhysPathophys.v9.i2.10>

28. *Ермакова И.И., Николаенко А.Ю., Солончук Ю.М., Грицяук О.В., Тадеева Ю.П.* Информационная смартфон технология для прогноза состояния здоровья человека в экстремальных условиях среды. Кибернетика и вычислительная техника, 4, 2018. С. 29—40.
29. *Romaniuk, O. O., Kozak, L. M., and Kovalenko, O. S.* Formation of Interoperable Digital Medicine Information Environment: Personal Medical Data. Sci. innov. 2021. V. 17, no. 5. P.
30. *Суровцев И. В., Галимов С. К.* Алгоритм обработки данных измерения концентрации методом хроноионометрии. Управляющие системы и машины. 2016. № 2. С. 85—91.
31. *Гриценко В.И.* Информационно-коммуникационные технологии в образовании для всех – в ракурсе проблем общества знаний. К.: Академперіодика, 2007. 28 с.
32. *Гриценко В.И.* Фундаментальные проблемы Е-обучения. К.: Академперіодика, 2008. 38 с.
33. *Манак А.Ф., Ситица Е.М.* Электронные научно-образовательные пространства и перспективы их развития в контексте поддержки массовости и непрерывности. Управляющие системы и машины. 2012. № 4. С. 83—92.
34. Компьютерная технология обучения: Словарь-справочник. Под ред. Гриценко В.И., Довгялло А.М. В 2-х томах. К.: Наук. думка, 1992. 784 с.

Надійшла 21.06.2022

V.I. Gritsenko, Corresponding Member of the Ukrainian Academy of Sciences, Honorary Director, International Research and Training Centre for Information Technologies and Systems of the NAS and MES of Ukraine, Acad. Glushkov ave., 40, Kiev, 03187, Ukraine, vig@irtc.org.ua

THE STATE OF ART AND PROSPECTS DEVELOPMENT FOR THE INTELLIGENT INFORMATION TECHNOLOGIES. TO THE 25TH ANNIVERSARY OF THE INTERNATIONAL RESEARCH AND TRAINING CENTER FOR INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS

Introduction. The International Research and Training Center was created 25 years ago as part of the Department of Informatics of the National Academy of Sciences and the Ministry of Science and Education of Ukraine in 1997. The principal lines of investigation of the International Center are information technologies and their applications. Information technology is a set of software and hardware tools that has effect data in order to obtain an end product that has the properties and capabilities to generate new knowledge and study complex phenomena and processes based on it.

The purpose of the article is to demonstrate the achievements of the International Centre over the 25 years, to show the current situation and prospects of its developments.

Methods. The formation and development of the general theory of intelligent information technologies and their use in pattern recognition, complex investigation of the text and speech information, including the semantic processing, evaluation, understanding, reforming, reliability and fast search, are being carried out at the International Center. The priority areas of intellectualization of the digital economy, technologies for data mining, choice and decision-making, models of interaction between digitalization and informatization of society are being explored. Conceptual models of digital medicine are being developed.

Results and Conclusion. The International Center has become a leading organization for the development of informatics and new intelligent information technologies and systems. His work is highly appreciated in the country and abroad. It should be noted the achievements of leading scientific schools, headed by prominent Ukrainian scientists, employees of the International Center: Academicians V.I. Skurikhin, O.H. Ivakhnenko, M.M. Amosov and O.O. Bakaev.

Research and development programs and plans are innovative and focused on solving scientific and technological problems of intellectualization and digital transformation. These problems of global importance form the basis of the short-term program as well as the concept of development of the activities of the International Center.

Keywords: *intelligent information technologies, digitalization, informatization, digital medicine, pattern recognition.*